

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-329633

(43) 公開日 平成8年(1996)12月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 1 1 B 21/10

8425-5D

G 1 1 B 21/10

V

// G 1 1 B 5/596

5/596

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-72763

(22) 出願日 平成8年(1996)3月27日

(31) 優先権主張番号 4 1 0 9 9 1

(32) 優先日 1995年3月27日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル

ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ダニエル・ワイ・アブラモヴィッチ

アメリカ合衆国カリフォルニア州94306パ

ロ・アルト, キップリング・ストリート・

3372

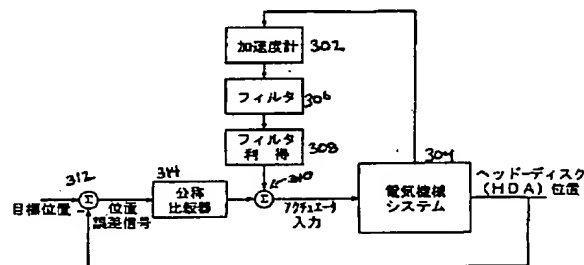
(74) 代理人 弁理士 古谷 肇 (外2名)

(54) 【発明の名称】 加速度計の使用によるディスクドライブ上の外乱の除去方法

(57) 【要約】

【課題】 小型ディスクドライブの衝撃及び振動耐性を改善するための方法及び装置を提供すること

【解決手段】 衝撃及び振動を受けるディスク記録及び／又は再生装置100に関する。トランスデューサのトラック追従機能は、加速度反応センサによって増大する。加速度反応センサ102は、ヘッドディスクアセンブリの位置誤差信号のサンプリング周波数とは異なる周波数でサンプリングされる。加速度反応センサの利得の変動はリアルタイムで補償することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク記録／再生装置であって、そのディスク記録／再生装置に回転可能に取り付けられる、記録トラックを含む表面を有するディスクと、トラックに対するトランスデューサの位置の出力を生成する、前記表面に接続されたトランスデューサと、そのトランスデューサをトラックに対して異なる半径方向位置に移動させる、前記トランスデューサに接続された可動アクチュエータと、記録トラックに対する前記トランスデューサの位置を維持するように前記可動アクチュエータを制御するために前記トランスデューサの出力を第 1 の周波数で受信しサンプリングするアクチュエータ制御装置と、このディスク記録／再生装置の加速度に応じた出力を有するセンサと、このディスク記録／再生装置が加速されている際に前記記録トラックに対する前記トランスデューサの位置の更なる維持を行うように前記可動アクチュエータを付加的に制御するために前記センサの出力を第 2 の周波数で受信しサンプリングする加速度制御装置とを備えていることを特徴とする、ディスク記録／再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般に、ディスク記録及び／又は再生システムにおける衝撃及び振動の除去制御に関し、特に、衝撃及び振動の除去制御システムの多数のサンプリング速度に関する装置及び制御に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ディスク記録及び／又は再生システムにおいて、ディスク上のトランスデューサの半径方向位置を制御するサーボシステムの目的は、トランスデューサを予め選択されたトラックの中心上に維持することにある。これは、ディスクファイルシステムでは、トランスデューサがディスクの回転時にそのディスクの表面内のトラックからの位置情報を読み出す際に行われている。埋設式(embedded)またはセクタ式(sectored)サーボシステムの場合、その位置情報は、ディスクのトラック上の所定の位置に配置されたセクタ間情報から得られる。そして、この位置情報は、位置誤差信号を生成するために使用される。次いでその誤差信号が補償器を介してトランスデューサアクチュエータ用の駆動モータにフィードバックされて、誤差を減少させる方向にトランスデューサが移動される。

【0003】 サーボシステムはフィードバックサーボループ(ヘッドアクチュエータループ)を備えている。位置誤差信号はヘッドアクチュエータループに連結されている。外乱修正時のフィードバックサーボループの応答時間が有限であるため、こうした外乱または変位を完全に除去することは不可能である。並進外乱に対するロー

タリアクチュエータディスクドライブの感度を減ずるため、従来、平衡型(balanced)機械式アクチュエータが使用されてきた。しかし、このアクチュエータは、データにアクセスするために(摩擦力の許す限り)自由に回転しなければならないので、ディスク表面に対し垂直な軸のまわりの回転による外乱の影響はかなりの大きなものとなり得る。

【0004】 回転衝撃及び振動を検知するために回転加速度計を使用することが提案されている。この回転加速度計は、フィードフォワードコントローラとして使用可能な信号を生成し、これによりディスクドライブは衝撃及び振動に対してより強いものとなる。加速度計のフィードフォワードアルゴリズムに関する膨大な数の論文が存在するが、目下の加速度計の用途はディスクへのデータ書込みを中止させるためのしきい値検出器の役割に限定されている。例えば、Hewlett Packard, HPKittyhawk Personal Storage Modules Product Brief (1993年発行)及び米国特許第5,235,472号などに記載されている。より具体的には、加速度計は、しきい値レベルの衝撃または振動を検出し、その衝撃または振動が所定量よりも大きい場合にディスクへの書込みを防止する。

【0005】 加速度計の信号を使用してディスクドライブの外部衝撃及び振動を補償するという発想は新規のものではない。1977年に、Whiteは、磁気媒体に対する磁気ヘッドの接触(slapping)の可能性を最小限にするために加速度計を使用する方式を提案した(米国特許第4,040,130号)。改良された機構及び高剛性の空気軸受は、かかるシステムの必要性を最小限にしてきた。Whiteは、ディスクドライブ内に加速度計を使用する2つの態様を提案した。その第1の態様は、単純な衝撃保護装置としての加速度計の使用を提案するものである。加速度計が十分に大きな衝撃を検出すると、磁気ヘッドは起こり得るヘッドクラッシュを避けるためにディスクから離される。第2の態様は、制御ループ内での加速度計の使用を提案するものである。ヘッドとディスクの間隔に対する衝撃の影響は、加速度計信号を制御ループに送ることにより能動的に最小化される。ヘッドの垂直方向位置は、ドライブの内圧すなわち空気軸受の剛性を変えることにより、又は垂直方向で駆動アームにサーボモータを使用することにより、制御することができる。

【0006】 さらに近年に至っては、シーク反作用トルク及び外部励起の両者による影響を最小化するための加速度計の使用が、Davies及びSidmanによって研究されてきた(D. B. Davies and M. D. Sidman, "Active compensation of shock, vibration, and wind-up disk drive s," Advances in Information Storage Systems, Vol. 5, pp. 5-20, ASME Press, 1993)。彼らの結論は、両者の外乱の影響がゼロとなるように加速度計の応答をフィルタリングするためのフィルタを分析的に計算することを提案している。ある種の実践上の制約のもとに、彼

らは、実行可能な解決法を導き出した。しかし、彼らの解決法は、使用される特定のドライブ及び加速度計のパラメータ特性に関する知識を必要とするものである。この解決法は、サーボ帯域内の加速度計の共振またはノイズには言及していない。これは、グレードの高い高価な加速度計が使用されたことを示すものであろう。彼らは、モデル化されていないヘッドディスクアセンブリ (HDA) の動力学がシステムを不安定化するのを防ぐために、ローパスフィルタリングを使用して高周波数での加速度計ループの利得を制限している。これは、システムの設計過程では未知であり又は無視されるHDA特性を含み得るものである。

【0007】ディスクドライブにおける主な実際上の問題の1つは、製造コストの低減に向けての絶え間ない取り組みである。低コストディスクの製造に、高価な研究用のグレードの加速度計を使用するのは実際的ではない。Knowles及びHanksの研究 ("Shock and vibration disturbance compensation system for disk drives," 欧州特許出願第871065555.3号) では、位置誤差信号上の並進衝撃による影響を最小化するために線形加速度計が使用された。その加速度計はHDA上に直接取り付けられ、内部的及び外部的に生成された外乱を検知することができるようになってきている。しかし、各加速度計は、製造中にドライブ内で較正しなければならず、その結果としてドライブの製造コストが上がってしまう。さらに近年になって、Hanksの研究 (米国特許第5,299,075号) では、まだ動作中の加速度計の較正法が示されている。これにより、一層高価でない加速度計を使用することが可能となり、また製造時間が短縮される。

【0008】小型ディスクドライブは、まだ大型ディスクドライブの主な問題とはなっていない問題にいくつか直面している。小型ディスクドライブは、本来、携帯用途のために設計されている。可動環境において、ディスクドライブは、従来のディスクドライブ環境で経験したものに比べて遥かに過酷な衝撃及び振動に耐えなければならない。

【0009】小型ディスクドライブは、情報の格納のために使用できる表面積が一層小さいものである。データ格納用のディスク表面積を確保するためにセクタ間位置情報ロケーション (サーボバーストとしても知られている) の数が削減される。したがって、ディスクの所与のトラック上のセクタ間ロケーションの数が減少する。このため、情報を格納するためのディスク空間は大きくなるが、ヘッドアクチュエータループがヘッド位置修正情報を受け取る速度が低下してしまう。一般には、ヘッドアクチュエータループのサンプリング速度が低下することになる。サンプリング速度の低下によって閉ループ帯域幅が制限されることが多く、その結果として、ドライブの外乱回復能力に悪影響を及ぼす可能性がある。これにより、ヘッドアクチュエータループが機械的衝撃及び

振動の影響を受けやすくなる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】携帯電子装置は一層広く普及しつつある。こうした携帯電子装置の多くは、小型のディスクドライブを必要とする。低いサーボループサンプリング速度で動作する一層小型のディスクドライブシステムの需要の高まりと共に、より高性能の衝撃及び振動修正システムも求められている。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、ディスクドライブの衝撃及び振動耐性を改善するものである。本発明は、ディスクドライブにおける内部外乱及び外部外乱を共に阻止するために少なくとも1つの加速度計を使用する。公称位置 (ヘッドアクチュエータ) フィードバックループの限定されたサンプリング速度は、異なる速度で加速度計信号正方向送りループをサンプリングすることにより上昇または低下される。換言すれば、加速度計出力信号は、公称位置フィードバックループとは異なる (通常は一層高い) 速度でサンプリングすることができる。これは、衝撃及び振動修正帯域幅を広げることが可能とし、これにより、加速度計応答フィルタリングの位相のシフトが減少し、加速度計フィードフォワードループの設計上の自由度が増大する。

【0012】加速度計の非常に変動しやすい利得を補償するために、加速度計フィルタ利得を適合させることができる。基本的には、加速度計フィルタの利得は、加速度計の利得の変位を補償するように自動的に調整される。加速度計フィルタの利得のリアルタイムでの調整により、修正システムの回路部品におけるドリフトが補償されることになる。この適合は、ディスクドライブが全く加速を受けていない場合に適合を中止するしきい値方式を含むことが可能である。したがって、ディスクドライブが機械的衝撃または振動の影響を受けない場合には、この適合は自動的にオフにされる。これにより、主としてノイズから成る加速度計信号に適合するように加速度計フィルタが調整されることが防止される。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明は、図面と共に以下の詳細な説明を参照することにより、一層深く理解されよう。

【0014】図1は、回転による振動を受けている小型ディスクドライブアセンブリ100の概念を示す説明図である。加速度計102は、ヘッドディスクアセンブリ (HDA) 106の動きを検知できるように駆動ベースプレート104上に取り付けられている。加速度計102の出力は、サンプリングされ、デジタル信号プロセッサ108によってデジタル処理が行われる。デジタル処理が行われた加速度計出力信号は、アクチュエータアーム114の位置決め制御に資するものとなる。加速度計102は、ディスクドライブアセンブリ100のディスク112の平面内の回転運動110を検知するようになってきている。

【0015】回転加速度計102は、アクチュエータアーム114上ではなく駆動ベースプレート104上に取り付けられており、加速度計102がディスクドライブのHDA106の動きを検知できるようになっている。アクチュエータ114は基本的にはHDA106から離れて浮いた状態になっている。公称駆動フィードバックループは、アクチュエータ114の端部に位置する読出し／書込みトランスデューサ（読出し／書込みヘッドとも呼ばれる）をディスク112上の所望の位置上に位置決めする働きをする。以下、トランスデューサ及びアクチュエータは1つのものとみなしてアクチュエータと呼ぶことにする。HDA106がディスク112の平面内に回転的に衝突すると、アクチュエータ114が慣性空間におけるその位置を保持して、位置誤差が生じることになる。駆動フィードバックループは、外乱の一部を除去して正しい位置を維持することができる。しかし、フィードバックループ利得が十分に大きくない場合には、大きな外乱は修正されないことになる。さらに、ループ帯域幅が限られているため、フィードバックループの位相遅れ若しくは時間遅延によりドライブのキャンセル能力が減少することになる。しかし、加速度計信号を適当な利得及び位相で駆動フィードバックループ中に加算することにより、ディスクトラックとアクチュエータ114上の読出し／書込みヘッドとの間の位置誤差への外乱による影響を低減させることができる。

【0016】図2は、50～500Hzの周波数範囲のランダムな回転振動が加えられているディスクドライブアセンブリについての実際の実験結果を示したものである。図2(a)は、ディスクドライブが外部の揺れを全く受けていない場合の位置誤差信号(PES)を示している。図2(b)は、ディスクドライブが振動を受けている場合のPESを示している。振動は、50～500Hzの間で変化する周波数成分を有し、また86.5ラジアン／秒-秒の振動振幅を有している。破線202は、ヘッドがトラックを外れたと考えられ及び全てのデータ書込みを中止しなければならないPESの信号レベルを表している。振動は、明らかにドライブのPESに大きな影響を及ぼしている。

【0017】図3は、本発明のディスクドライブ制御ループを示すブロック図である。本発明の目的は、低コスト回転加速度計を使用してディスクドライブ制御ループへの回転衝撃及び振動の影響を大幅に低減させる方法を決定することにある。加速度計302は、ディスクドライブの電気機械システム304の回転振動を検出する。加速度計302の出力信号は加速度計フィルタ306によってフィルタリングされ、そのフィルタリング後の信号は加速度計フィルタ利得ブロック308によって修正される。フィルタ利得ブロック308の出力は、ループ加算器310においてアクチュエータ制御ループ中に加算される。加算器310の出力は、電気機械システム304のアクチュエータを駆

動する。ディスクドライブの電気機械システム304は、ディスク上のトラックの中心からアクチュエータの端部の読出し／書込みヘッドまでの距離を決定する。この距離が加算器312において目的位置から減算されて実際の位置誤差信号が与えられる。電気機械システムブロック304は、システムの全ての可動部品及び多くの電気部品を表している。一般に、電気機械式システムブロック304からは多くの信号を抽出することができ、それらについて一層詳細な説明を行うことが可能である。しかし、本明細書での目的に関しては、電気機械システムブロック304は、2つの信号だけを発するブラックボックスとみなすことができる。その第1の信号は、ヘッド位置-ディスク位置信号である。これは、上述のように位置誤差信号(PES)を生成するために使用される。第2の信号は、ヘッドディスクアセンブリ全体の回転加速度である。この加速度は、回転加速度計302により検出される。位置誤差信号は公称補償器314で補償される。公称補償器314の出力は、ループ加算器でフィルタ利得ブロックの出力と加算される。

【0018】本発明を実施するために、幾つかの問題を解決しなければならなかった。第1に、加速度計は自己共振を有しており、この自己共振は、加速度計の出力の信号周波数応答の帯域幅を制限するものである。第2に、ディスクの位置情報は、ユーザデータとインタリーブされる。ディスクドライブは、物理的に小さいものであり、ユーザデータ用のディスク空間を確保するために位置情報ロケーションの数を減少させる必要がある。その結果として、位置情報のサンプリング速度が比較的遅くなる（典型的なサンプリング速度は3717Hzである）。最後に、本発明の低コストの加速度計は、ユニット間で±50%の大きな利得変動を有している。

【0019】図4は、低コストの回転加速度計を示す斜視図である。この加速度計400は、2つの別個の圧電部材406, 408が接着された金属ビーム404を有している。このビーム404は、ディスク平面に垂直な支持ポスト402に取り付けられている。従って、ビーム404はディスク平面内でたわむことになる。圧電部406, 408は導電パッド410, 412をそれぞれ備えている。ビームのたわみは、配線414, 416が接続された各パッド410, 412に電圧を発生させ、これにより出力信号が生成される。この出力信号が差動的に検知されて、並進運動に対する個々の応答がキャンセルされる一方、回転運動中の出力信号がブーストされる。図5は、加速度計400の平面図である。矢印418, 420, 422は、結果として生じる加速度に対応する出力信号を誘起させることになる加速度計上の力を示している。

【0020】加速度計の周波数応答は、加速度計ビームの第1の曲がりモードによって制限される。ビームの共振による影響は、加速度計応答をフィルタリングすることにより最小限にすることができる。しかし、このため

に必要なフィルタを位置情報の低サンプリング速度 (3717Hz) で設計することは困難である。問題は、位置情報の低サンプリング速度で動作するほとんどのフィルタ設計は大きな位相遅れを生じさせるものである、ということである。位相遅れの最小化は、適当な利得設定を有することと同様に重要である、ということが実験により確認されている。

【0021】ヘッド位置検知のサンプリング速度は、ディスク上の位置情報ロケーションの数によって制限される。しかし、加速度計のサンプリング速度には物理的な制限は全くない。従って、多速度サンプリング方式を使用することができる。図6に示すように、加速度計信号は、位置誤差信号がサンプリングされたとき (符号502参照) 及びその間の幾つかの瞬間 (符号504参照) にサンプリングされる。加速度計の追加サンプリング速度は、ディスク表面のまわりに配置しなければならない位置サンプルの数に悪影響を及ぼさないという意味で、ドライブにいかなるオーバーヘッドも加えることはない。しかし、追加サンプル504により、加速度計応答のフィルタリングの設計上の容易さ及び柔軟性が増すことになる。

【0022】ディスクドライブの多速度サンプリングの利点は、以下の例を通して論証することができる。3717Hzのヘッド位置サンプリング速度を備えるディスクドライブの場合、加速度計は、駆動ベースプレート上に取り付けられ、公称 (位置) サンプリング速度の4倍の速度でサンプリングされる。加速度計のサンプリング速度が高いため、フィルタリングの改善が可能となり、これにより結合応答の帯域幅が2105Hzから2410Hzに広がる (-3dB点で測定した場合)。フィルタリングの位相シフトは300Hzで $-30.80^\circ$  から $-23.77^\circ$  に減少される。全体的に、加速度計のサンプリング速度が高くなると、設計上の自由度が増すことになる。

【0023】図7(a)は、加速度計信号がヘッド位置サンプリング速度 (3717Hz) と等しい速度でサンプリングされる場合の加速度計信号及び幾つかのフィルタリング信号の振幅の周波数応答を示すものである。図7(b)は、加速度計信号がヘッド位置サンプリング速度 (3717Hz) と等しい速度でサンプリングされる場合の加速度計信号及びフィルタリング信号の位相の周波数応答を示すものである。曲線602, 604は加速度計の周波数応答を表している。曲線606, 608はフィルタの周波数応答を表している。曲線610, 612は結合周波数応答を表している。垂直実線614はナイキスト周波数1858.5Hzが位置する場所を示している。図8は、加速度計信号がヘッド位置サンプリング速度 (14,868Hz) の4倍の速度でサンプリングされる場合の加速度計信号及びフィルタリング信号の周波数応答を示している。曲線702, 704は加速度計の周波数応答を表している。曲線706, 708はフィルタの周波数応答を表している。曲線710, 712は結合周波数応答を

表している。垂直実線714はナイキスト周波数7434Hzが位置する場所を示している。加速度計応答信号の信号処理は、加速度計共振を減衰させるノッチフィルタと、ナイキスト周波数を越える利得をなだらかに減衰させる (roll off) ローパスフィルタと、100~600Hzの範囲内の位相遅れのいくつかを回復させるための位相進みとを用いた信号のフィルタリングを含む。設計上の柔軟性が増すため、より高い加速度計サンプリング速度でのフィルタの設計は極めて良好なものとなる。フィルタサンプリング速度の増加によってデジタルフィルタの特性を改善することに関する概念は、デジタル信号処理の分野では深く理解されよう。本明細書で示したものよりさらに良好にフィルタリングされた加速度計応答も可能であろう。図7及び図8を比較すると、図8の多速度フィルタは、結合応答に関して一層幅広い可用帯域をもたらし、図7の単一速度フィルタよりも位相遅れが小さい、ということに留意されたい。

【0024】位置誤差信号への外部外乱による影響の周波数応答関数の比較を図9のグラフに示す。このグラフは、4つの異なる構成に関するHDAの振動の抑制を示している。4つの応答は全て、同一の振動源から生成されたものである。各曲線は、PESとHDAに対する振動外乱との比の周波数応答を表している。従って、PESへの振動周波数による影響が大きくなるにつれて、グラフ上の曲線の振幅も大きくなる。逆に、外部振動の抑制が大きくなるにつれて、図9のグラフ上の曲線の振幅が小さくなる。曲線802 (太実線) は、加速度計からのフィードフォワード信号がない場合の「PES/振動外乱」の振幅を示している。曲線804 (細実線) は、加速度計信号がPESと等しい速度でサンプリングされる加速度計からのフィードフォワード信号が使用される場合の「PES/振動外乱」を示している。曲線806 (太破線) は、加速度計信号がPESの速度の4倍の速度でサンプリングされる場合の「PES/振動外乱」を示している。最後に、曲線808 (細破線) は、市販グレードの加速度計に代えて研究用グレードの加速度計を使用して加速度計信号を生成し、その加速度計信号がPESの速度の4倍の速度でサンプリングされる場合の、HDAの「PES/振動外乱」を示している。

【0025】多速度HDA位置修正の実施は概念的には困難ではない。図10は、多速度HDA位置決めシステムの概要を示すブロック図である。同ブロック図は、PES902が速度 $1/T$ でサンプリングされ、加速度計出力信号 (ACC) 904が速度 $M/T$ でサンプリングされるという事実を示している。Mは一般には整数を表すが、ACCサンプリング速度がPESサンプリング速度よりも小さいことも可能である。多速度制御システム906は、ヘッドアクチュエータへの駆動信号908を決定する。一般に、出力駆動信号908は、速度 $M/T$ のデジタル信号出力となる。

【0026】図11に示すように、PES1002及びACC1004のフィルタリングは、別個に設計することができる。この簡単な手順は、PES1002及びACC1004間の関係を完全に利用できない可能性もあるが、デジタル信号プロセッサ(DSP)に関するプログラムにとっては非常に有効でありまた簡単明瞭なものとなる。図11に示す構造では、公称PESループは、ディスクセクタ情報によってクロックされる。加速度計ループは、ディスクセクタ及びセクタ間サンプル用の追加クロックの両方によってクロックされる。この場合、PES1002は速度 $1/T$ でサンプラ1006によってサンプリングされ、ACC1004は速度 $M/T$ でサンプラ1008によってサンプリングされる。PES1002の公称補償器1010及びPES1002の公称補償器利得1012は、ACC1004のフィードフォワードフィルタ1014及びACC1004の利得1016とは独立したものとなる。PES1002及びACC1004の両方の処理応答が結合されて(符号1018)、(D/A変換器を介して)アクチュエータの制御入力に送られる信号が決定される。

【0027】最後に、 $\pm 50\%$ の利得変動を有する低グレード加速度計を使用する場合の問題について対処を行った。加速度計フィルタ利得は、加速度計利得の可変性を補償するように適合させることができる。これは、この特定の加速度計の場合に可能となる。その理由は、加速度計の利得が可変であるという事実にもかかわらず、加速度計の周波数応答特性は各ユニット間で一貫していることにある。これは、加速度計の補償に非常に役立つ。加速度計の可変利得特性のみが補償されればよいからである。したがって、単一のフィルタ設計を全ての加速度計に使用することができ、適合させる必要があるのは利得だけである。図11では、利得 $K_{acc}$ が適合される一方、加速度計補償器 $C_{acc}$ は一定を維持することができる。

【0028】適合化を実施する方法は2つある。第1の方法は、加速度応答全体を識別することである。処理に使用できる信号は、PES、加速度計信号(ACC)、及び処理後のPESと処理後のACCとを結合させたものを表す信号である。従って、この方法は、PES信号及び補償器出力からのヘッドディスクアセンブリ(HDA)の加速度の概算を必要とする。次いでこれを使用して既測定ACC信号で誤差信号を形成することができ、従って、加速度計を適合させることができる。本手法の主な問題点は、HDAの加速度の概算に2次導関数の評価または概算が必要となる点にある。この手法では、ノイズ感度に関する問題を解決する必要があることが多い。

【0029】遥かに簡単な方法としては、システムの要件の理解を含むものがある。実際に所望されることは、PESからHDA加速度による影響を除去することである。B. Widrow及びM. E. Hoff, Jr. によって最初に論じられ

(“Adaptive switching circuits”(IRE WESCON Conv. Rec., pt. 4, pp. 96-104, 1960)、B. Widrow及びS. D. Stearnsによって補足された(Adaptive Signal Processing, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985) 定評あるWidrow-Hoff最小平均2乗(LMS: least means squared) アルゴリズムは、本質的には信号の相互関係を解除するものであり、或る信号から他の信号への影響を除去するために使用することができる。本発明の一実施例は、利得を適合させることができる値に上限及び下限を設定するアルゴリズムを含むことにより上記方法を拡張したものとなる。例えば、利得 $K_{acc}$ は、何らかの平均又は基準値の $\pm 50\%$ 内におさまるように拘束することができる。本発明はまた、加速度計信号が指定レベルよりも大きい場合のみ利得が適合されることを確実化する論理も含んでおり、これにより、ノイズを主とする信号に上記アルゴリズムが適合しないことが確実となる。この状況は、加速度計が加速を全く受けておらず加速度計出力信号がノイズである場合に生じる。この方法は、簡単に効果的なものとなるように実験的に決定された。

【0030】本発明のこのLMSアルゴリズムは、次の1つの式を有するものとなる。

$$【0031】 W_{k+1} = W_k + 2\mu \varepsilon_k X_k$$

ここで、 $\varepsilon_k$ はPES(位置誤差信号)、 $X_k$ はACC(加速度計信号)、 $W_k$ は $K_{acc}$ (時刻 $k$ におけるもの)、 $W_{k+1}$ は $K_{acc}$ (時刻 $k+1$ におけるもの)、及び $\mu$ は適合利得(即ち、適合の速度を決定する倍率)である。

【0032】図12は、適合化を簡略化して示すブロック図である。加速度計信号は、補償ループのループ利得のフィルタリング及び変更を行うフィルタ利得部1102に入力される。フィルタ利得1102の出力は、ディスクドライブ制御ループに加算されて、アクチュエータ、ひいてはディスク位置に対するトランスデューサの位置決め決定に資するものとなる。ループフィルタ、補償器、及び電気機械システムを含むディスクドライブ制御ループは、ブラックボックス1104で表されている。アクチュエータ位置の信号表示は、比較器1106において目標アクチュエータ位置と比較される。最後に、その比較器1106によって生成された位置誤差信号が、フィルタ利得1102の制御に使用される。この図12の簡略化された適合化のブロック図に関し、上記LMSの式は次のように修正することができる。

$$【0033】$$

$$(Gain)_{k+1} = (Gain)_k + 2\mu (Error)_k (ACC)_k$$

ここで、ACCは未較正の加速度計から送られた信号である。このアルゴリズムは非常に簡単なものであり、このため、LMSをDSPにプログラムするために6個の命令しか必要としない。利得の上限及び下限を制限するために更に4つの命令が必要となる。最後に、システムが何らかの加速度を受ける場合にのみ適合が可能となる

ように6つの命令によるしきい値ルーチンを含む必要がある。従って、効果的で強靱な適合アルゴリズムは、僅か16のDSP命令で実施することができる。この適合方式は簡単で効果的なものである。従って、これをディスクドライブDSP上で実施することは極めて合理的である。

【0034】図13は、本発明のアルゴリズムの有効な結果を示すグラフである。同グラフは、ディスクが、57.7ラジアン/秒-秒rmsのレベルで50~150Hzのランダムな回転振動の外乱を受けた場合における0.50秒間に渡るPESの変化を示している。図13(a)は、フィルタ利得がゼロに設定されている場合のPES応答を示している。図13(b)は、加速度計フィルタ利得の適合中のPESを示している。図13(c)は、加速度計フィルタ利得が既に適合されている場合のPESを示している。PESは、図13(c)に示すように、加速度計フィルタ利得の適合により大幅に減少している。

【0035】上述のように、本発明の適合方式にはしきい値ルーチンが使用される。特定の最小レベルに関してACC信号の振幅を検査するかなり簡単なルーチンは、加速度計フィルタ利得がその「収束」値からドリフトしないよう維持するのに十分なものであることが確認されている。フィルタ利得の「収束」値は、所定の時間に渡って一連の回転衝撃が生じた際に適合アルゴリズムがフィルタ利得に設定する値である。しきい値ルーチンは本質的には、ディスクドライブに対する回転衝撃の発生中に加速度計のフィードフォワードループのパラメータがドリフトしないように維持するものである。このしきい値機構が存在しない場合には、回転衝撃を受けていない長時間にわたり、加速度計の利得がその加速度計の出力に現れる信号ノイズに適合されることになる。この状況が発生した場合には、加速度計フィルタ利得は、ディスクドライブが回転衝撃を受けた際にPESがひどい影響を被るような点まで離調(detune)する可能性がある。

【0036】以上、ディスクドライブの加速度が加速度計によって検出されるものについて本発明を説明してきた。しかし、加速度の関数を検出するセンサであればあらゆるものを使用することができる。例えば、速度または加速度の変化を検出する装置を使用することが可能である。

【0037】本発明の上記説明は、主として回転加速度計に焦点を合わせて行った。しかし、本発明の原理は、線形加速度計及び線形アクチュエータに使用することが可能である。

【0038】以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

【0039】1. ディスク記録/再生装置であって、そのディスク記録/再生装置に回転可能に取り付けられる、記録トラックを含む表面を有するディスクと、トラックに対するトランスデューサの位置の出力を生成す

る、前記表面に接続されたトランスデューサと、そのトランスデューサをトラックに対して異なる半径方向位置に移動させる、前記トランスデューサに接続された可動アクチュエータと、記録トラックに対する前記トランスデューサの位置を維持するように前記可動アクチュエータを制御するために前記トランスデューサの出力を第1の周波数で受信しサンプリングするアクチュエータ制御装置と、このディスク記録/再生装置の加速度に応じた出力を有するセンサと、このディスク記録/再生装置が加速されている際に前記記録トラックに対する前記トランスデューサの位置の更なる維持を行うように前記可動アクチュエータを付加的に制御するために前記センサの出力を第2の周波数で受信しサンプリングする加速度制御装置とを備えていることを特徴とする、ディスク記録/再生装置。

【0040】2. 前記センサが加速度計である、請求項1に記載のディスク記録/再生装置。

【0041】3. 前記可動アクチュエータを付加的に制御する複数のセンサ及び複数の加速度制御装置を更に備えている、請求項1に記載のディスク記録/再生装置。

【0042】4. 前記複数の加速度制御装置が複数のサンプリング周波数で前記複数のセンサのサンプリングを行う、請求項3に記載のディスク記録/再生装置。

【0043】5. 前記センサが加速度計である、請求項4に記載のディスク記録/再生装置。

【0044】6. 前記加速度制御装置により受信される前に前記センサの出力のフィルタリング及び適合化を行う加速度計信号プロセッサを更に備えている、請求項1に記載のディスク記録/再生装置。

【0045】7. 前記センサの出力の関数が所定値を下回るときを決定して前記加速度計信号プロセッサによる適合化を中止させるためのしきい値検出器を更に備えている、請求項6に記載のディスク記録/再生装置。

【0046】8. 前記複数の加速度制御装置により受信される前に前記センサの出力のフィルタリング及び適合化を行う複数の加速度計信号プロセッサを更に備えている、請求項4に記載のディスク記録/再生装置。

【0047】9. ディスク記録/再生装置における記録トラックに対するトランスデューサの位置を維持するための方法であって、前記ディスク記録/再生装置が、記録トラックを含む表面を有する回転可能に取り付けられたディスクと、前記トラックの位置に関する出力を生成するために前記表面に接続されたトランスデューサと、そのトランスデューサを前記記録トラックに対して異なる半径方向位置に移動させるために前記トランスデューサに接続された可動アクチュエータと、このディスク記録/再生装置の加速度に応じた出力を有するセンサとを備えたものであり、前記方法が、

a. 前記トランスデューサの出力を第1の周波数でサンプリングし、そのサンプリングされた出力をアクチュエ



ータ制御装置で処理して、前記記録トラックに対する前記トランスデューサの位置を維持するように前記可動アクチュエータを制御し、

b. 前記センサの出力を第2の周波数でサンプリングし、そのサンプリングされた出力を加速度制御装置により処理して、前記記録トラックに対する前記トランスデューサ位置の更なる維持を行うように前記可動アクチュエータの付加的な制御を行う、という各ステップを有することを特徴とする、前記方法。

【0048】10. c. 複数のセンサの出力を複数のサンプリング周波数でサンプリングし、そのサンプリングされた複数の出力を複数の加速度制御装置により処理して、前記記録トラックに対する前記トランスデューサの位置の更なる維持を行うように前記可動アクチュエータの付加的な制御を行う、というステップを更に有している、請求項9に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】回転して振動している小型ディスクドライブを示す説明図である。

【図2】(a)は外部振動のないディスクドライブの位置誤差信号、(b)は外部振動のあるディスクドライブの位置誤差信号を示すグラフである。

【図3】フィードフォワードキャンセルを示すブロック図である。

【図4】低コストの加速度計を示す斜視図である。

【図5】低コストの加速度計を示す平面図である。

【図6】追加加速度計サンプルの時間領域表現を示す説明図である。

【図7】(a), (b)は、セクタ式サーボと同じ速度で加速度計出力がサンプリングされる加速度計システムの周波数応答及び位相応答を示すグラフである。

【図8】(a), (b)は、セクタ式サーボの4倍の速度で加速度計出力がサンプリングされる加速度計システムの周波数応答及び位相応答を示すグラフである。

【図9】外部外乱の周波数応答関数をPESと比較するグラフである。

【図10】補償構造の概要を示すブロック図である。

【図11】HDA位置誤差信号及び加速度計応答が別々にフィルタリングされる補償構造を示すブロック図である。

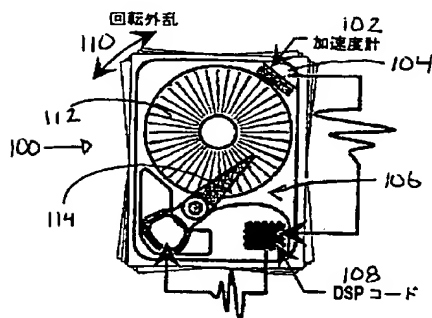
【図12】適合化を簡素化して示すブロック図である。

【図13】(a), (b), (c)は、加速度計フィルタ利得が適合化の異なる段階にあるPESを示すグラフである。

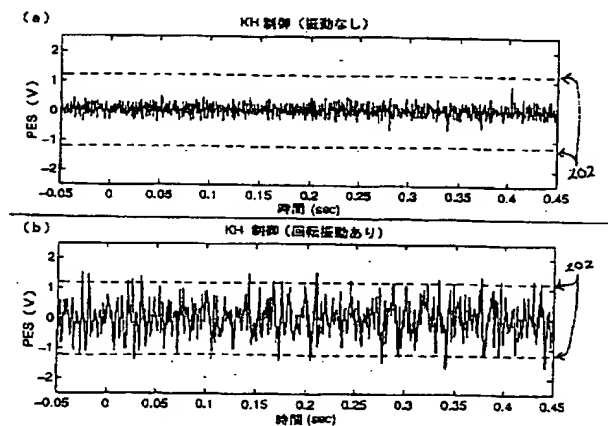
【符号の説明】

20	302	回転加速度計
	304	電気機械システム
	306	加速度計フィルタ
	308	フィルタ利得ブロック
	310	ループ加算器
25	314	公称補償器

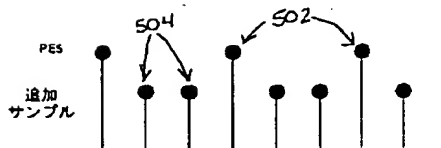
【図1】



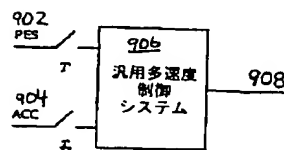
【図2】



【図6】

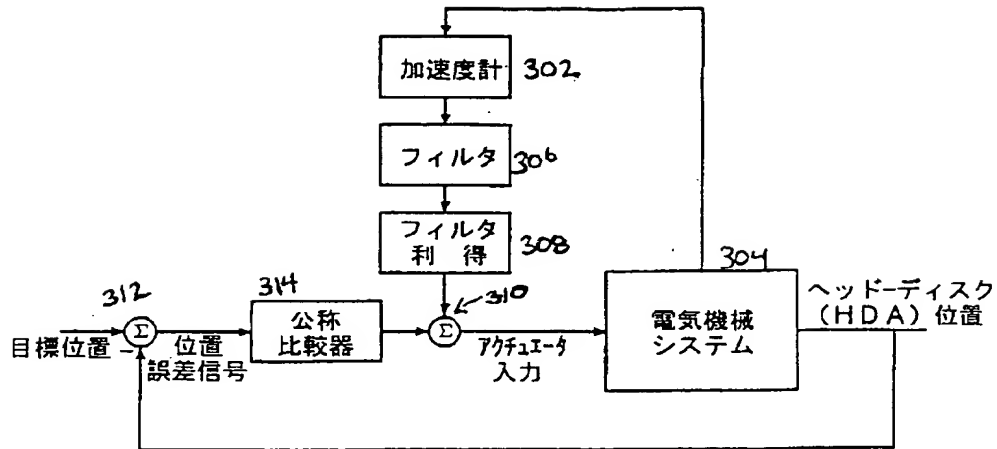


【図10】

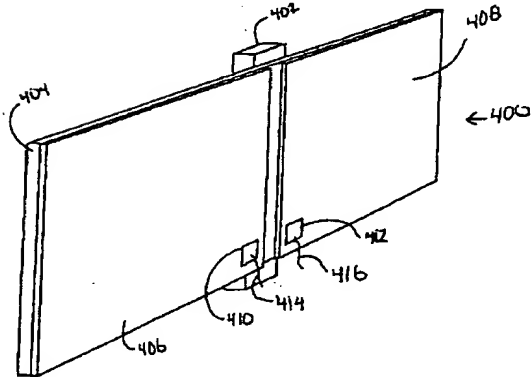




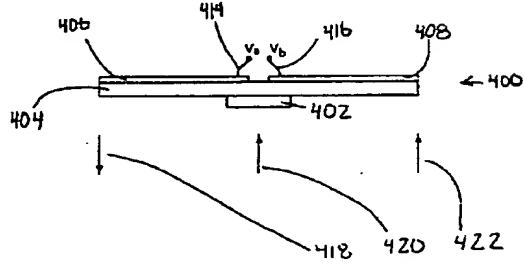
【図 3】



【図 4】

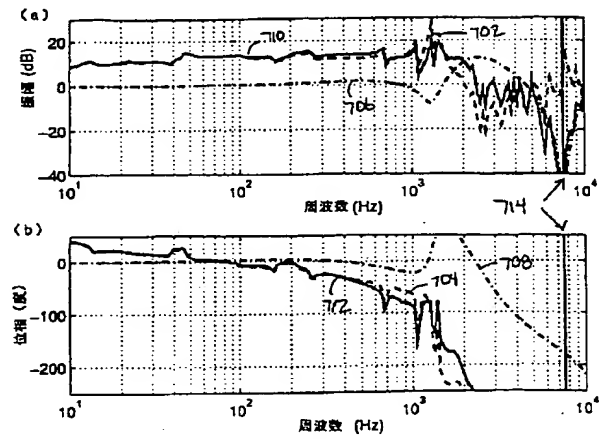
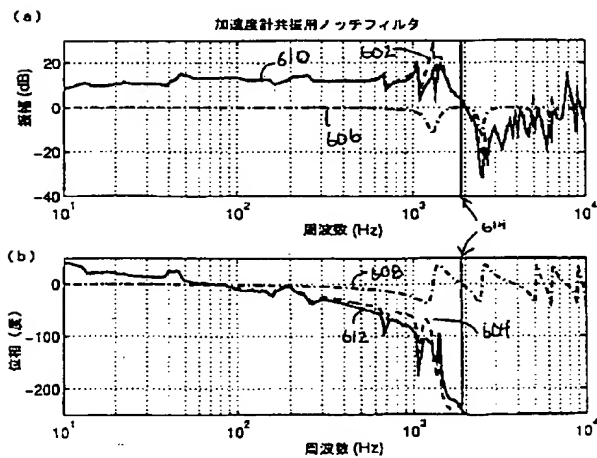


【図 5】

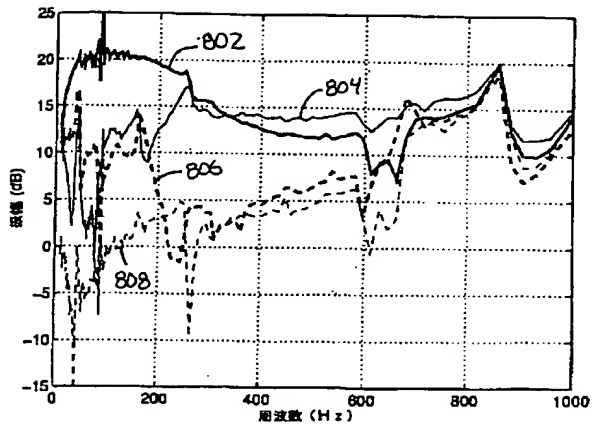


【図 8】

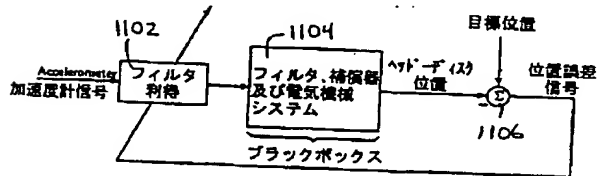
【図 7】



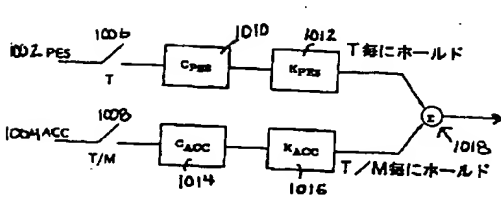
【図9】



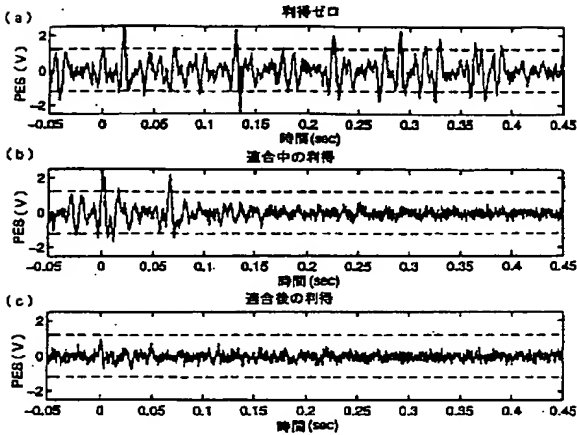
【図12】



【図11】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**